



ENCUENTRO Y SEMINARIO MUNDIAL

Camino rurales y desarrollo

E L S A L V A D O R 2 0 1 2

San Salvador, Mercredi, 28 novembre

**Perspectives mondiales de la connectivité et
solutions d'entretien des routes rurales:
l'environnement des parcs naturels en Italie
comme cas européennes et en Colombie comme
un cas pour l'Amérique latine**

*Session: Perspectives mondiales de la connectivité
et solutions d'entretien des routes rurales*

Gilberto Martinez Arguelles y Paola Villani

CT 2.5 AIPCR Italie

gilberto.martinez@mail.polimi.it

paola.villani@polimi.it



Perspectives mondiales de la connectivité et solutions d'entretien des routes rurales



Dans le titre, l'expression " routes " signifie que tous les chemins du Comité Technique 2.5 sont **routes à l'extérieur de milieu urbain** et, pour l'Italie ces routes sont classifiés dans la catégorie « C » ou dans la catégorie « F », ces dernières avec un largeur proche à 6 mt ou 6.50 mt mais dans la catégorie routes rurales de catégorie « F » – en Italie - il y a aussi toutes les routes qui ne peuvent pas être classifié comme catégorie C pour largeur (<7 mt) et/ou pour l'absence de plateformes latérales.



Montecatini Alto (PT)

Par conséquent, dans le Comité Technique 2.5 il y a la présence de une dénomination double “ Strade locali extraurbane ” pour identifier toutes les routes qui relient les agglomérations urbaines secondaires entre elles et entre celles-ci et les villes principales mais aussi toutes les routes liant les agglomérations rurales entre elles et avec les centres urbains à proximité, ou encore liaisons secondaires entre petites agglomérations urbaines. Dénomination qui vise à systématiser le corpus de connaissances sur les **routes secondaires**.

Perspectives mondiales de la connectivité et solutions d'entretien des routes rurales



Dans tout le monde le budget que chaque année les collectivités destinent à l'entretien de leurs routes secondaires c'est de milliards d'euros. On doit faire quelque consideration sur le coût d'un kilomètre de route et l'analyse de son cycle de vie.
Chaque route impacte au niveau economique et environnemental.

Pour rendre un cadre mondial des perspectives sur le choix des types de chaussées on a décidé de intégrer l'analyse des coûts avec l'analyse de cycle de vie. Les trois études de cas sont:

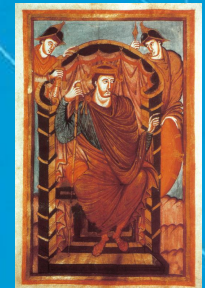
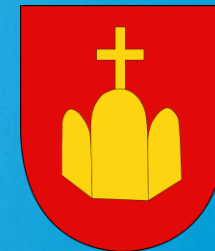
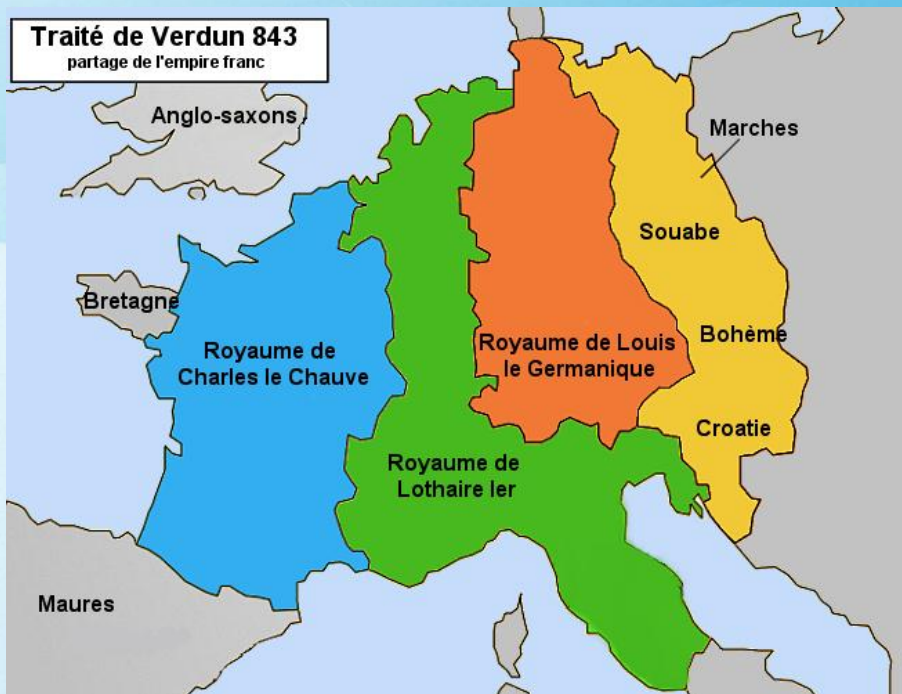
**Route dans le parc de Sibolla à
Altopascio (Lucca), Italie**

**Route dans les Alpes Orientales
(Cortina d'Ampezzo), Italia**

**Route dans le Parque Natural
de Sumapaz - Colombia**

Route dans le parc de Sibolla à Altopascio (Lucca), Italie

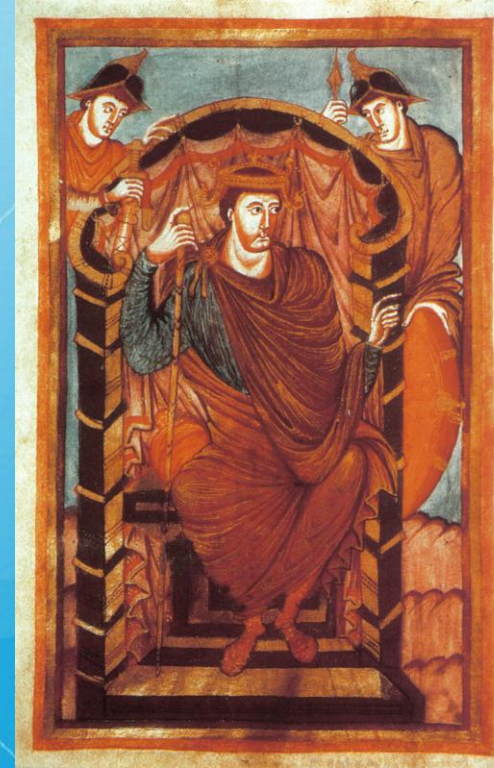
Le Parc naturel de Sibolla c'est à Altopascio dans la Province de Lucques, une des provinces italiennes de la Toscane. À l'ouest, il y a la mer Tyrrhénienne, à l'est la province de Pistoia et la province de Florence, au sud la province de Pise. Trois zones principales caractérisent ce vaste territoire qui est ainsi réparti: Plaine de Lucques, Garfagnana et Versilia.



Route dans le parc de Sibolla à Altopascio (Lucca), Italie



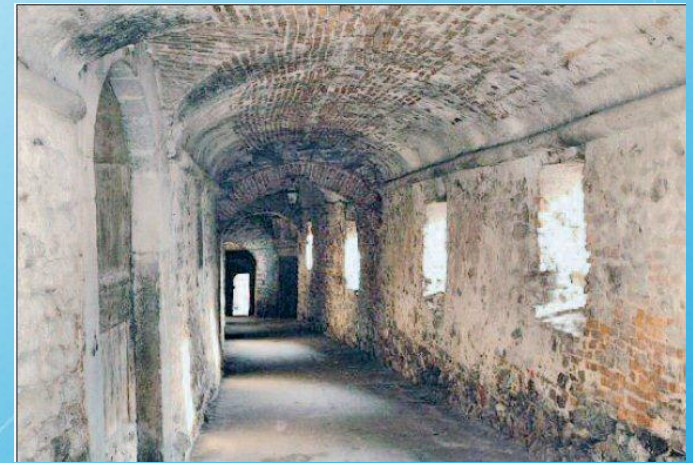
La Via Francigena intorno all'anno mille.
In colore giallo il toponimo attuale,
in azzurro le tappe del percorso di Sigerico



Très vieille terre, fortement peuplée et franchi antérieurement à l'époque des Romains, mais encore plus développée au moyen-âge parce que le Roy Lothaire 1^{er} connectait toute l'Europe par différentes routes, dont les plus connues sont la route Cassia et la Francigena. Et le mot *franchi*, qui se trouve dans la dénomination de route *Francigena* signifie

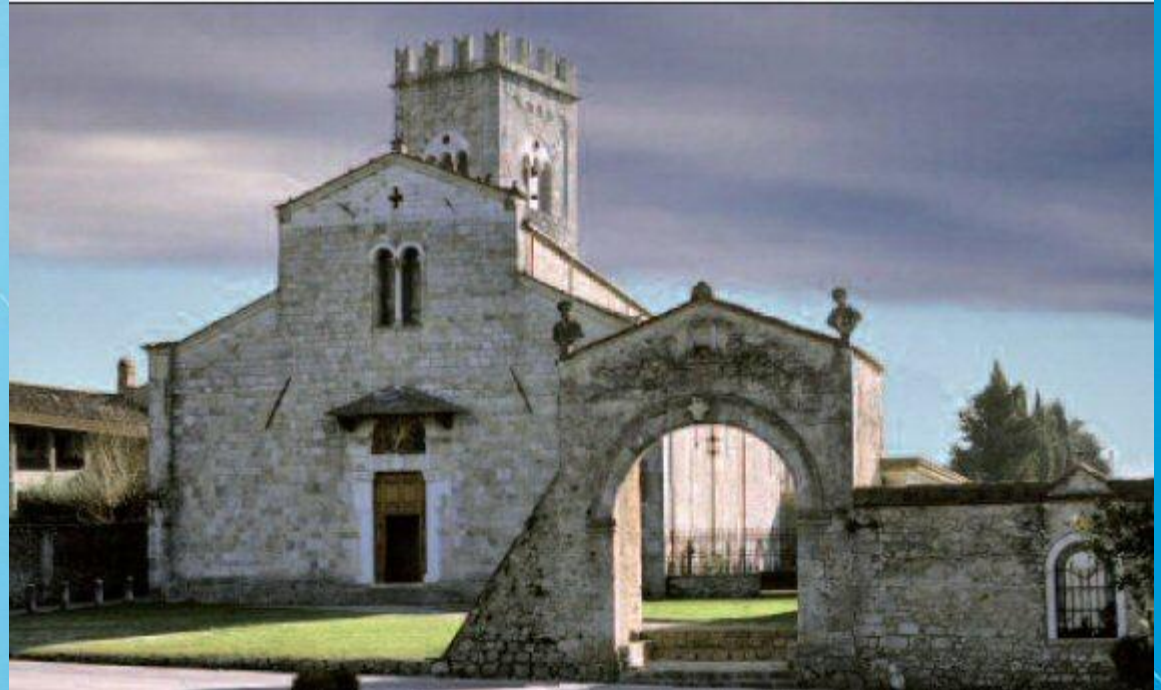
- “ libérer, affranchir ”
- “ accorder quelque chose à quelqu'un ”
- “ passer par-dessus”,
- “ aller au-delà de une limite ”,
- “ libérer quelqu'un d'une charge ” (car ici il y avait beaucoup de channeau et des fleuves et la voie était une voie sur l'eau).

Route dans le parc de Sibolla à Altopascio (Lucca), Italie

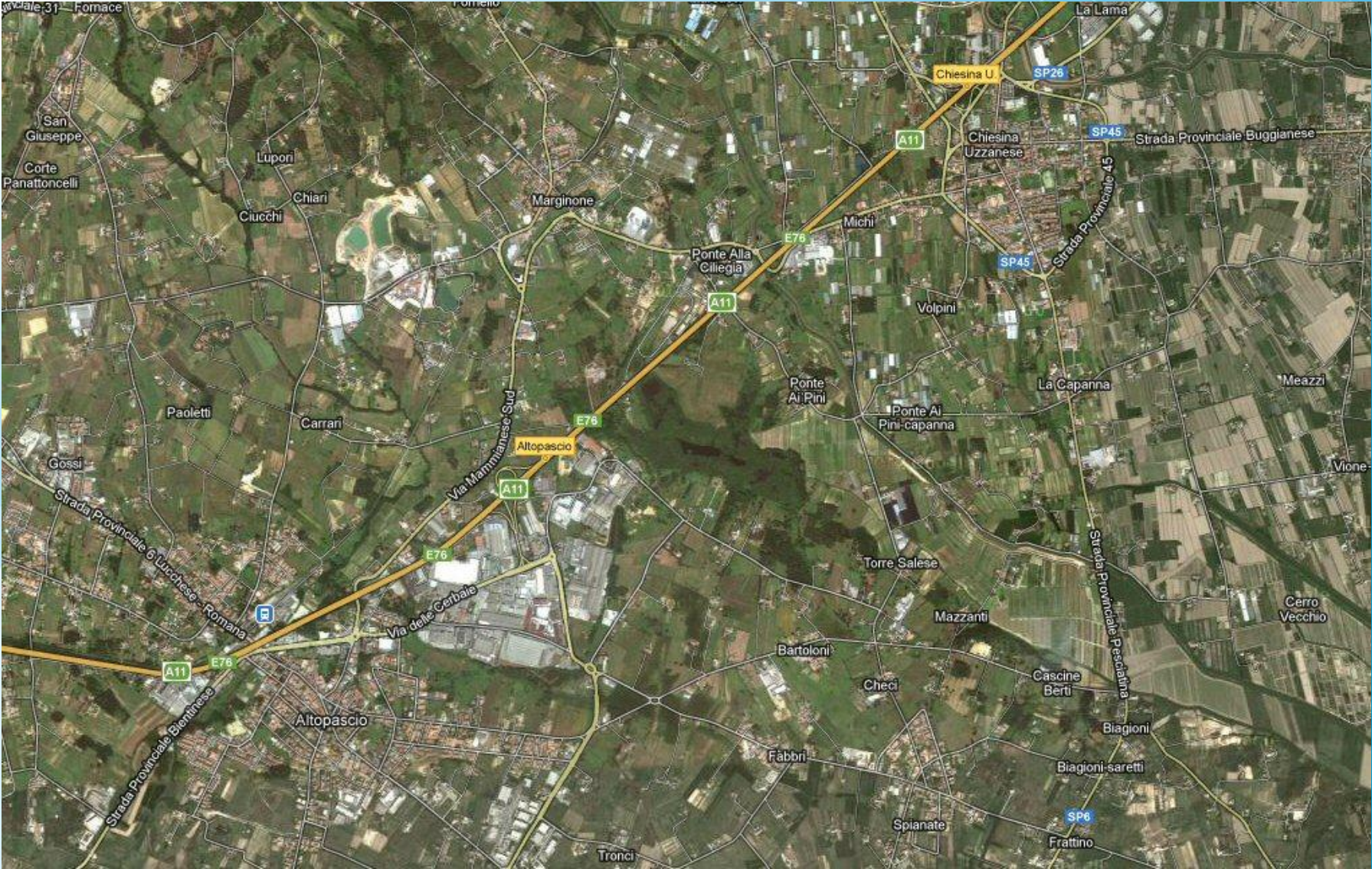


Toute la région est riche de préexistences historiques et archéologiques et dans toute l'Europe il y a beaucoup de voies principales, tant que de villages et de villes, qui sont connectés à la route Francigena.

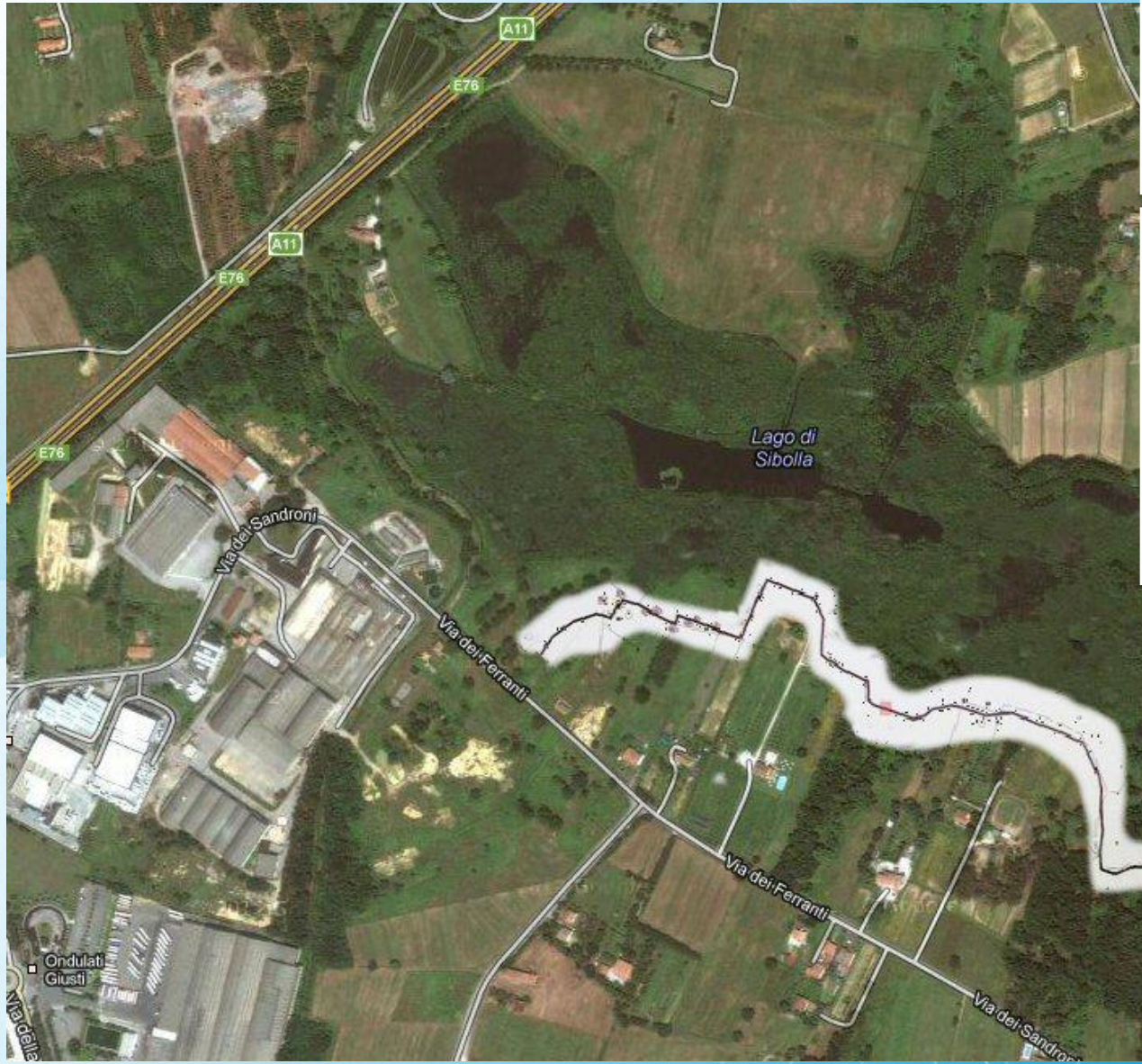
Normal que la construction d'une route à Altopascio a demandé une attention particulière à l'environnement.



Route dans le parc de Sibolla à Altopascio (Lucca), Italie



Route dans le parc de Sibolla à Altopascio (Lucca), Italie



**Route dans le parc de Sibolla à
Altopascio (Lucca), Italie**



Estado inicial

Route dans le parc de Sibolla à Altopascio (Lucca), Italie



**Couche de régularisation ou compensation effectuée par l'insertion d'une couche de « geotextile » pesant au moins 500 gr/m², avec résistance à la traction d'au moins 30 kN/m (EN ISO 10319), avec rapport hauteur / largeur égale ou inférieure à 80 % (EN ISO 10319) et résistance à la perforation d'au moins 2000 N (EN ISO 12236).
Résistance à long terme sous une charge constante pendant au moins 75 ans.**

Route dans le parc de Sibolla à Altopascio (Lucca), Italie



Les modules sont ouverts et sécurisés afin d'éviter les contraintes dynamiques causées par les véhicules lourds qui sont à l'origine de glissement. Ces limites peuvent être faits avec une couche de fondation en béton. Pour éviter d'endommager les parties verticales, élément ammortissant approprié doit être placé tout le long de le périmètre de la route, la fonction c'est d'absorber les mouvements du sol en raison de la dilatation thermique. Ces éléments de registre peuvent être créés avec plaque de mousse (après la séparation de la couche interposée selon le cas) d'une épaisseur d'environ 1-2 cm.

Route dans le parc de Sibolla à Altopascio (Lucca), Italie



Installation des plaques : la structure résistant a UV en polymère à nid d'abeille est remplis de mélange, stabilisé, et le placement de d'accessoires sur les côtés empêche les déplacements tangentiels, permet une bonne distension du substrat et le traitement de surface qui a des propriétés anti-dérapantes pour améliorer le grip.

Les plaques de la dilatation thermique sont caractérisées par des joints de dilatation. Les éléments sont imbriqués, décalé, en alternance et peuvent se chevaucher.

Route dans le parc de Sibolla à Altopascio (Lucca), Italie

Los módulos de
capas de
geomallas
llenos y en
proceso de
compactación



Le système fournit le confinement latéral et la résistance à la traction par une épaisse couche de granulats. La plate-forme a une bonne rigidité grâce à une banque stable.

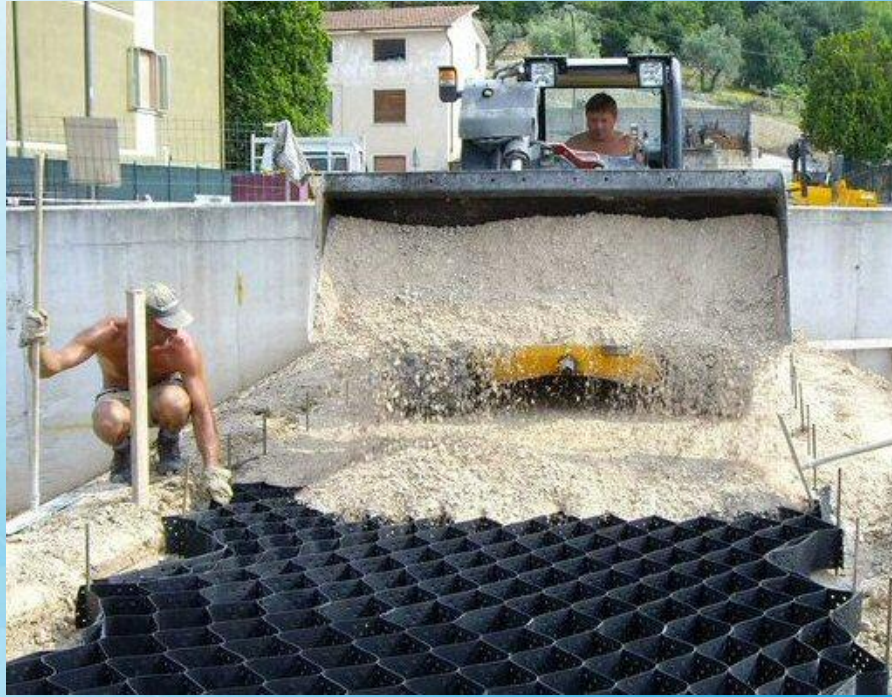
Route dans le parc de Sibolla à Altopascio (Lucca), Italie



La couverture du système modulaire maintient sur les cellules un épaisseur de substrat de 5/6 cm pour garantir une parfaite perméabilité, système qui ne peut pas provoquer une rétention d'eau ou le chauffage.

Le remplissage c'est effectué par la machine ou à la main jusqu'à 1 cm du hauteur de la cellule, afin de faire développer la végétation et sans usurer les pneus, parce qu'ils roulent directement sur les alvéoles et non sur la couche de surface.

Route dans le parc de Sibolla à Altopascio (Lucca), Italie



Le système est conçu pour permettre la construction de structures avec fondations rigides quand il y a des sols extrêmement mous.

Ce résultat est obtenu grâce à les géogrilles tridimensionnelles positionnées à la base et orientées qui offrent haute résistance à la traction. Les grilles sont disposées verticalement et reliés par des nœuds brevetés.

Le système de confinement est ensuite rempli de matériel granulaire

Route dans le parc de Sibolla à Altopascio (Lucca), Italie

Prix minimum €/ m²

(fourniture, transport et installation, y compris les coûts d'élimination des déchets)

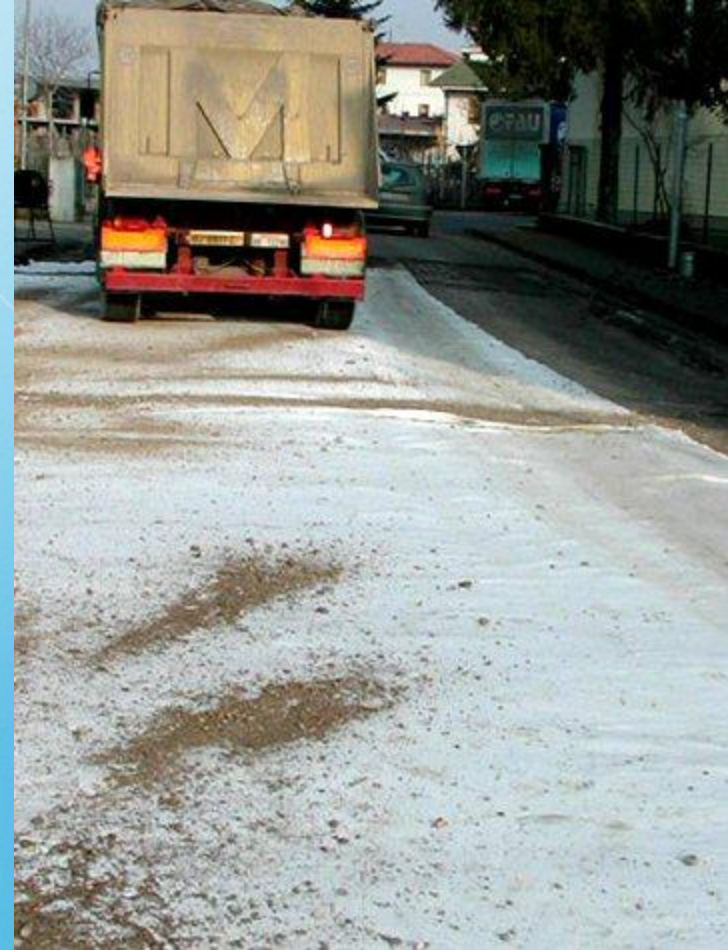
Géotextile (poids d'au moins 500 gr/m², résistance à la traction au moins 30 kN/m (EN ISO 10319) avec l'allongement inférieure ou égale à 80 % (ISO 10319) et facteur de résistance d'au moins 2000 N (ISO EN 12236)) 3,6 EUR/m²

réalisation des alvéoles (nid d'abeille, stabilisés aux rayons UV, structure de type polymère, ainsi que 18/accessoires) 37,0 euros/m²

Pour un chaussée avec un largeur de 6 m Eur 222 Euro/m

Le coût c'est de 222 000 euros/km

Utilisation des géotextiles



L'utilisation des géotextiles est d'un grand secours à la surface (couche de fondation). Les géotextiles peuvent créer des surfaces stables pour la circulation des véhicules lourds, et peuvent aussi être une couche de matériau stabilisé pour éviter l'ornierage

Utilisation des géotextiles

Du point de vue conception, l'introduction du tissu non tissé permet de choisir entre différentes options :

- **réduire l'épaisseur de la couche de base (avec les mêmes caractéristiques mécaniques et avec le même nombre de passes) ;**
- **augmenter la durée de vie utile de la structure (avec les mêmes propriétés mécaniques et de l'épaisseur) ;**
- **réduire la qualité de la matière (avec le même nombre de passes et épaisseur)**

Lorsqu'il est utilisé pour les rues pavées, l'aide d'une couche de géotextile peut réduire, le phénomène de fissuration et complètement éliminer la tension c'est-à-dire la transmission de la fissuration de réflexion qui ruine la couche pavée.

Les matériaux appropriés pour ce type d'application sont des matériaux de géotextile non tissé et géotextiles de tissus à chaîne et trame dans les cas particulièrement critiques pour la présence d'eau.

Materias primas sintéticas utilizadas en los geotextiles

“**Poliéster**: tiene poca tendencia a deslizarse bajo carga, no presenta ningún problema con asfalto caliente. [Il a peu tendance à glisser sous la charge, l'asphalte chaud ce n'est pas un problème]

Polietileno: tiene tendencia a resbalar bajo una carga, se destruye en contacto con el asfalto caliente, flota en el agua [a tendance à glisser sous la charge, peut se détruire au contact de l'asphalte chaud, flottant dans l'eau]

Polipropileno: tiene tendencia a resbalar bajo una carga, se destruye en contacto con el asfalto caliente, flota en el agua [a tendance à glisser sous la charge, peut se détruire au contact de l'asphalte chaud, flottant dans l'eau]”

[Sistemas Formadores de Tejidos Especiales, 2005]

RIGOBERTO MARIN LIRA

Facultad de Ingeniería Química y Textil
Universidad Nacional de Ingeniería (Peru)
rmarinl@uni.edu.pe

Route dans les Alpes Orientales (Cortina d'Ampezzo), Italia

Cortina d'Ampezzo c'est dans les Alpes, une chaîne de montagnes qui recouvre la frontière nord de l'Italie.



Route dans les Alpes Orientales (Cortina d'Ampezzo), Italia



Le cas de Cortina d'Ampezzo c'est relatif au retraitement en place au ciment du corps de l'ancienne chaussée

Route dans les Alpes Orientales (Cortina d'Ampezzo), Italia



Les matériaux autocompactants utilisés sont des matériaux spécialement élaborés pour ne pas nécessiter de compactage lors de leur mise en œuvre.

Ils assurent en quelques heures une stabilité suffisante permettant une remise en circulation rapide. Ils présentent à long terme des résistances mécaniques adaptées à l'utilisation.

Route dans les Alpes Orientales (Cortina d'Ampezzo), Italia



Ce matériau est stabilisé sur place par l'ajout d'émulsion de l'asphalte et placés sur des surfaces en « asphalte en pleine épaisseur » ou confirmé sur le terrain naturel.

Route dans les Alpes Orientales (Cortina d'Ampezzo), Italia



Las carreteras son permeables / drenaje.

Route dans les Alpes Orientales (Cortina d'Ampezzo), Italia



Las carreteras son permeables .

Le matériau est versé directement du camion malaxeur et à mesure de la progression du camion. Pour éviter la ségrégation, il convient de limiter la hauteur de chute depuis la goulotte. La mise en oeuvre nécessite un ouvrier qui guide la goulotte de déversement dans la tranchée et un autre qui égalise la surface.

Route dans les Alpes Orientales (Cortina d'Ampezzo), Italia

Prix minimum €/ m²

(énergie, transport et installation, y compris les déchets, dépassent les coûts et les avantages de la société)

béton ciment (29 euros/m²)

Pour une route de largeur de 6 m 174 Euro/mt

Le coût c'est de 174 000 euros/km

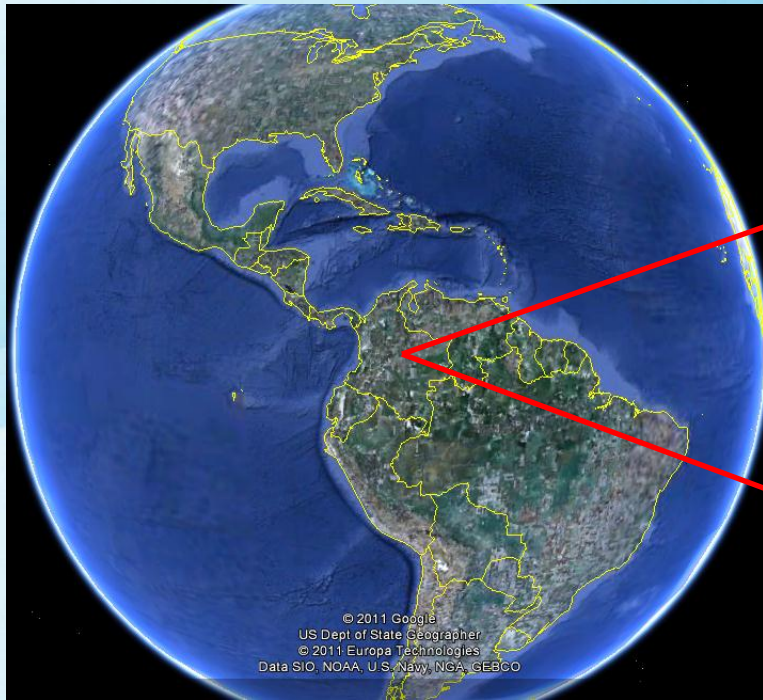


Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia



Localización general

Parque Natural de Sumapaz, Colombia



Datos generales de Parque Natural de Sumapaz, Colombia



Cota: 1.600 – 4.000 m.s.m

Área: 154.000 Hectáreas

Localizado a 72 Km de Bogotá

El Parque Nacional de Sumapaz contiene la mayor extensión de ecosistema de páramo del mundo.

Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia



Que es el fresado ó RAP(Reclaimed Asphalt Pavement)?

Es el término dado al material (agregados y asfalto) removido y/o procesado luego de la molienda y corte de un pavimento flexible (pavimento asfáltico) con un equipo específico de corte y molienda “Fresadora”. Cuando es adecuadamente triturado y controlado, el RAP provee alta-calidad, y agregados bien gradados recubiertos de asfalto o bitumen. Cuando es adecuadamente triturado y controlado, el RAP provee alta-calidad, y agregados bien gradados recubiertos de asfalto o bitumen.

Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia



Origen del material fresado - RAP

En Bogotá, el fresado es obtenido de los obras de mantenimiento vial, el cual, si no es aplicado en la misma obra en forma de reciclado (in-situ) debe ser transportado a uno de los lotes o patios de almacenamiento. En los patios el material es controlado y se expide una certificación con el volumen de material transportado que hace parte del componente técnico y ambiental del Contratista.

Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia



Origen del material fresado - RAP

El fresado utilizado para el mantenimiento y rehabilitación de las vías que conducen al Parque Nacional de Sumapaz es obtenido de estos lotes.

Los lotes mantienen volúmenes en stock de entre 40.000 m³ a 100.000 m³.

Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia



Aplicación

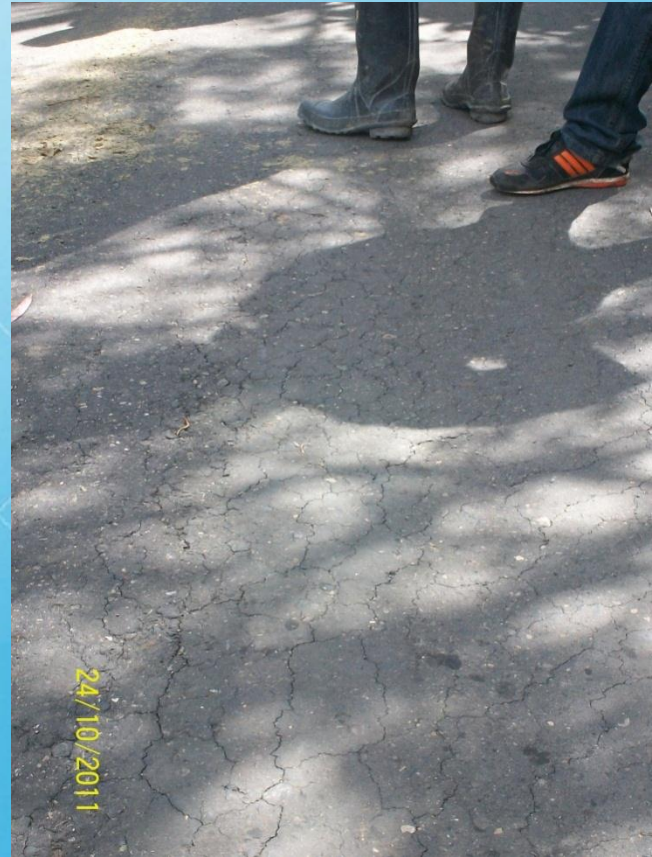
El fresado mezclado con emulsión asfáltica in-situ, es colocado como capa “Full Depth”. Es decir un espesor completo en carpeta asfáltica colocada directamente sobre el terreno existente.

Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia



Metodologías de aplicación - Fresado estabilizado in-situ

Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia



Proceso constructivo

Evaluación visual y mecánica del terreno natural o rasante (con el paso de volquetas).

La rasante existente es escarificada y recompactada.

Si se observan rasante con baja portancia, se estabiliza con “rajón” empedrado.

Se trabaja con material fresado de tamaño máximo de $\frac{3}{4}$ ”

Se realiza un riego con emulsión sobre la rasante.

Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia



Proceso constructivo

Se extienden espesores de 8 cm y 7 cm, riego de emulsión 70 lt/m³ (valor obtenido con base en un diseño de mezcla genérico).

Compactación de acuerdo a calibración de tramo de prueba.

Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia



Proceso constructivo y aplicación

Maquinaria

1. Cisterna irrigadora de emulsión
2. Motoniveladora
3. Compactador vibratorio

Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia

**Proceso
Constructivo**

Terreno



Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia

Proceso Constructivo

Extensión del fresado



Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia

Proceso
Constructivo

Extensión del
fresado



Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia

Proceso Constructivo

Estabilización con empedrado en zonas blandas o saturadas



Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia

**Granulometría
del fresado**



Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia

**Granulometría
del fresado**



Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia

Proceso Constructivo

Riego de emulsión



Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia

Proceso
Constructivo

Riego de
emulsión



Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia

Proceso
Constructivo

Mezclado con
Motoniveladora



Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia

Proceso Constructivo

Compactación
(se recomienda
compactador de
7 ton mínimo)



Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia

Proceso Constructivo

Compactación
(se recomienda
compactador de
7 ton mínimo)

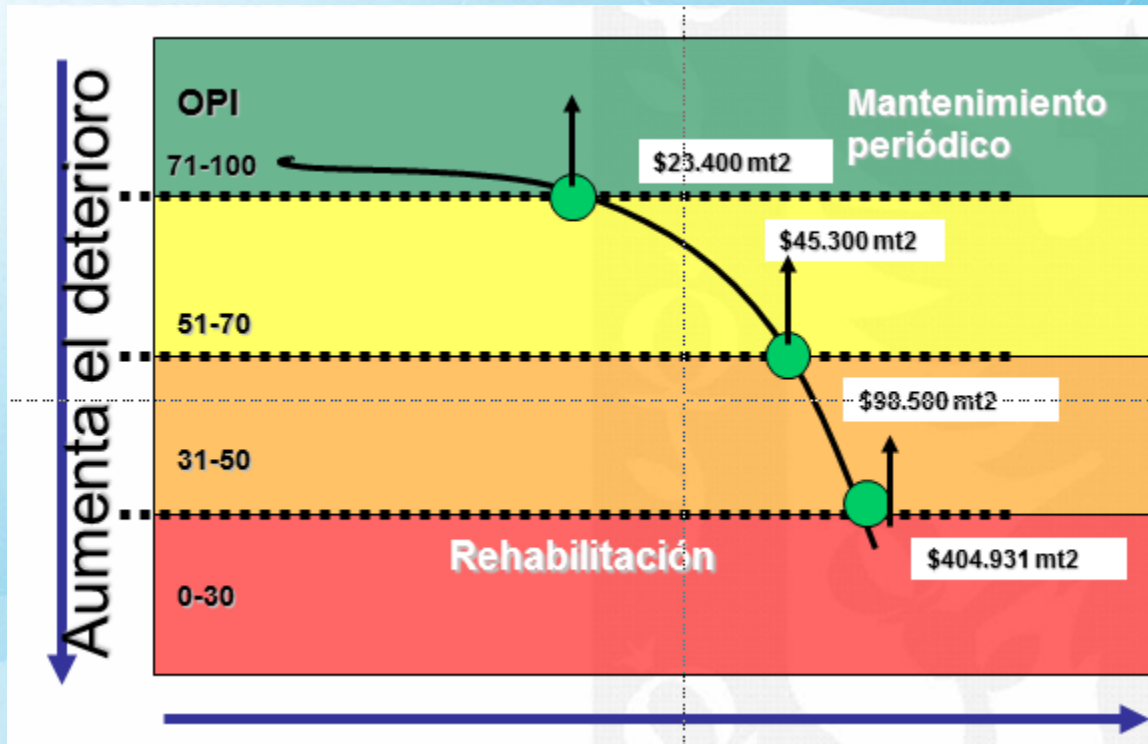


Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia

Acabado final



Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia



Fuente: Adaptado de Instituto de Desarrollo Urbano de Bogotá, 2006

Desempeño

Vida útil 3 – 5 años (bajos niveles de tránsito)

Mantenimiento Preventivo: Tratamiento superficial simple (riego de emulsión) al final de cada 1.5 años

Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia



Desempeño

Deterioros observados:

Stripping – desprendimiento de agregados por efecto del agua

Fisuras localizadas por terreno arcilloso o saturado (ver siguiente figura). Se extrae con una figura geométrica uniforme el área afectada y se estabiliza con empedrado.

Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia

**Evidente necesidad de obras de drenaje.
Riesgo de falla para el pavimento**



Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia

**Evidente necesidad de obras de drenaje.
Riesgo de falla para el pavimento**



Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia

**Evidente
necesidad de
obras de
drenaje.
Riesgo de falla
para el
pavimento**



Caso de estudio Parque Natural de Sumapaz - Colombia

Item	Unidad	Costo Directo		COSTO TOTAL	
		€	USD\$	€	USD\$
TRANSPORTE DE MATERIAL FRESADO (Con distancia de 81 Km)	m ³ -Km	0.377	0.480	118,614.72	151,047.41
TRANSPORTE DE EMULSION ASFALTICA Y RIEGO EN SITIO (Con distancia de 81 Km)	Lt-Km	0.005	0.006		
SUMINISTRO DE LA EMULSION ASFALTICA (Con Distancia de 81 Km)	Lt	0.550	0.700		
MEZCLADO, EXTENDIDA Y COMPACTACION DE MATERIAL FRESADO	m ³	18.929	24.105		
El material fresado-RAP es suministrado a "cero" costo					
Tasa representativa del Mercado a 9 Nov-12	Euro	COP\$2310			
	Dólar	COP\$1810			

Análisis de costos/Km (0.15 m x 6 m calzada)
chaussée en enrobé bitumineux (19,7 euros/m²)

Pour une route de largeur de 6 m 118 Euro/mt

Le coût c'est de 118 000 euros/km

Impacto Ambiental

Se utiliza un material reciclado con emulsión asfáltica.

Se evita la utilización de recursos no renovables

Se aplica a temperatura ambiental, menos impacto al calentamiento global.

Mínima cantidad de maquinaria y/o equipos

Cumple el objetivo de mejorar la accesibilidad.

Comentarios finales

EL fresado ha atendido las necesidades inmediatas de las vías que comunican al parque Nacional de Sumapaz.

Es una alternativa de bajo costo y amigable con el medio ambiente.

Se han intervenido aprox 50 km de vías rurales en Sumapaz, con grandes beneficios económicos y sociales.

Con adecuado control de calidad y un adecuado sistema de gestión de pavimentos ofrecen un alto potencial para alcanzar la Sostenibilidad en vías rurales.

Comentarios finales

Según un estudio de la Universidad de Los Andes realizado en 2009, los ciudadanos reconocen que un beneficio de la intervención con fresado estabilizado es la notable disminución de polvo y barro (en épocas de lluvias) en la vía, las viviendas y sus alrededores.

L'analyse des coûts entre les trois cas d'étude qui nous avons décrits

- une chaussée avec un système géogrilles extrudées de renfort,
- une chaussée en béton de ciment
- une chaussée en enrobé bitumineux

montre que la combinaison des géogrilles extrudées de renfort à joint intégrale avec remplissage crée un matériel composé (sol + géogrille) bien plus performant que le seul terrain.

L'amélioration des caractéristiques mécaniques de cet ensemble permet de faire des économies grâce aussi à la possibilité d'utiliser des matériaux de remplissage présents sur place.

L'utilisation de géogrilles de renfort à joint intégrale permet de réaliser des œuvres à coûts inférieurs

Pour rendre un cadre mondial des perspectives sur le choix des types de chaussées on a décidé de intégrer l'analyse des coûts avec l'analyse de cycle de vie et les coûts globaux.

Le commentaires comparatif entre une chaussée avec

un système géogrilles extrudées de renfort,

une chaussée en béton de ciment

une chaussée en enrobé bitumineux

sont subséquentement relatif aux paramètres : **l'analyse des coûts , l'analyse de cycle de vie , l'analyse des coûts globaux pour tous les paramètres monétarisables.** La durabilité c'est la qualité de ce qui dure longtemps. Dans le domaine de la sûreté de fonctionnement, c'est l'aptitude d'un bien à accomplir une fonction jusqu'à ce qu'un état limite soit atteint, ce qu'on appelle couramment la solidité d'un objet ou d'un équipement, par opposition à l'obsolescence

L'analyse des coûts pour les trois études de cas

- l'analyse des coûts

Coût de 1 km de route avec un largeur de chaussée de 6 m	Euro pour km	Entretien dans le temp - coût en Euro					Coûts en Euro après une durée de vie
		après 10 ans	après 20 ans	après 30 ans	après 40 ans	après 50 ans	
chaussée avec un système géogrilles extrudées de renfort	222.000						222.000
chaussée en béton de ciment	174.000					174.000	348.000
chaussée en enrobé bitumineux fraisat*	118.614	118.614	118.614	118.614	118.613	118.614	711.683

* le matériel de fraisage c' est à coût nul

- l'analyse de cycle de vie calcule les impacts environnementaux potentiels et permet d'évaluer les conséquences sur l'ensemble de cycle de vie des routes (concept du berceau au tombeau). C'est une approche qui tient compte de l'extraction et du traitement des matières premières, des processus de fabrication, du transport et de la distribution, de l'utilisation ou la réutilisation du produit, du recyclage et de la gestion des déchets en fin de vie.

Les impacts liés à la circulation des véhicules sont très importants par rapport aux impacts liés à la construction, l'entretien et fin de vie de la chaussée.

De ce fait, toute économie durant la phase d'utilisation prend toute sa signification.

La prise en compte de l'influence du revêtement routier sur la consommation des véhicules se trouve donc pleinement justifiée dans cette analyse.

Au niveau du dommage, les indicateurs de santé humaine, de réchauffement climatique et de qualité des écosystèmes sont tous favorables au système de chaussée en béton de ciment, aussi que les indicateurs de consommation des ressources, les indicateurs d'impact de l'acidification et les indicateurs relatif à l'eutrophisation aquatique.